



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG1536

**STUDI IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR
MENGUNAKAN FOTO UDARA DENGAN
PARAMETER KEMIRINGAN LERENG DAN
TUTUPAN LAHAN**

**(STUDI KASUS : KECAMATAN ANYAR,
KABUPATEN SERANG, BANTEN)**

**PUTRI ESTER HASUGIAN
NRP 3512100050**

**DOSEN PEMBIMBING:
HEPI HAPSARI HANDAYANI, S.T, M.Sc.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

TUGAS AKHIR - RG1536

**STUDI IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR
MENGUNAKAN FOTO UDARA DENGAN
PARAMETER KEMIRINGAN LERENG DAN
TUTUPAN LAHAN
(STUDI KASUS : KECAMATAN ANYAR,
KABUPATEN SERANG, BANTEN)**

**PUTRI ESTER HASUGIAN
NRP 3512100050**

**DOSEN PEMBIMBING:
HEPI HAPSARI HANDAYANI, S.T, M.Sc.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL ASSIGNMENT - RG1536

**STUDY OF IDENTIFYING LANDSLIDE-PRONE
AREAS USING AERIAL PHOTOS IMAGERY WITH
SLOPE PARAMETERS AND LAND COVER
CASE STUDY : (KECAMATAN ANYAR,
KABUPATEN SERANG, BANTEN)**

**PUTRI ESTER HASUGIAN
NRP 3512100050**

**ADVISOR :
HEPI HAPSARI HANDAYANI, ST, M.Sc.**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty Of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDI IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR
MENGUNAKAN FOTO UDARA DENGAN
PARAMETER KEMIRINGAN LERENG DAN
TUTUPAN LAHAN
(STUDI KASUS: KECAMATAN ANYAR,
KABUPATEN SERANG, BANTEN)**

Nama : Putri Ester Hasugian
NRP : 3512 100 050
Jurusan : Teknik Geomatika, FTSP, ITS
Dosen Pembimbing : Hapi Hapsari Handayani, ST., MSc

ABSTRAK

Bentuk topografi negara Indonesia yang berlereng menyebabkan peristiwa longsor sering terjadi di seluruh wilayah Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya untuk mengurangi intensitas terjadinya longsor melalui pemetaan daerah-daerah yang berpotensi terjadinya longsor pada frekuensi yang cukup besar untuk meminimalkan kerugian yang ditimbulkan. Penelitian ini berada di wilayah Kecamatan Anyar, Kabupaten Serang, Banten. Penelitian ini menggunakan parameter kemiringan lereng dan tutupan lahan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra foto udara , ground truth, dan peta tutupan lahan RBI skala 1 : 25.000.

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi terbimbing dengan metode klasifikasi berbasis objek untuk klasifikasi tutupan lahan. Hasil klasifikasi akan dibandingkan dengan ground truth yang ada. Akurasi yang dihasilkan pada klasifikasi tutupan lahan adalah 90,6% di mana klasifikasi tutupan lahan dibagi ke dalam 4 kelas. Klasifikasi tutupan lahan daerah penelitian didominasi dengan lahan perkebunan yaitu sekitar 363.411 m² atau sekitar 59,6 % dari luas daerah penelitian. Untuk klasifikasi kemiringan lereng juga dibagi ke dalam 5 kelas penelitian di mana kelas miring

mendominasi daerah penelitian yaitu seluas 1406504,4 m² atau 34,6 % dari total daerah penelitian

Hasil dari penelitian ini adalah Peta Rawan Longsor yang merupakan peta yang menggambarkan daerah-daerah dengan tingkat potensi longsor pada daerah penelitian. Dan peta tersebut menunjukkan kelas kerawanan daerah penelitian berada di kelas rendah sampai sangat tinggi di mana daerah penelitian didominasi dengan kelas kerawanan sedang dengan luas yaitu 700.384 m² sebesar 58% dari seluruh area penelitian

Kata Kunci— Longsor, Parameter Longsor, Skoring, Peta Rawan Longsor

**STUDY OF IDENTIFYING LANDSLIDE-PRONE
AREAS USING AERIAL PHOTOS IMAGERY WITH
SLOPE PARAMETERS AND LAND COVER
CASE STUDY : (KECAMATAN ANYAR,
KABUPATEN SERANG, BANTEN)**

Name : Putri Ester Hasugian
NRP : 3512 100 050
Department : Teknik Geomatika, FTSP, ITS
Advisor : Hepi Hapsari Handayani, ST., MSc

ABSTRACT

The shape of Indonesian's topopghrapic that have many slope makes landslide case often occur happen in all area of Indonesia. Therefore, it needs a solution to reduce the intensity of landslide case through mapping the potential area of landslides for reduce the disadvantages. The location of this researh is in Anyar, Serang District, Banten. This research uses slope and land-use parameters. Data that used in this research is aerial photo, ground truth, and RBI landuse map with scale 1:50.000

This research does the supervise classification with object based classification method for landuse classification. The result of this classification will be compare with ground truth data. The accuracy of the classification is 90,6% and the landuse be divided to 4 classes. The landuse of the area dominated with plantations area that is 363.411 m² or 59,6 % from the total of area. For the slope classification be divided in 5 classes and the tilt class dominated the area research with the area 1406504,4 m² or 34,6% from total of area research

The ouput of this research is Landslides Prone Map. Landslides Prone Map is a map that an detect the potential area of landslides. And the map shows the insecurity class for area research is from

very low until high. The area research dominated with the medium are that is 700.384 m² or 58% from the total of area research

Keyword— *Landslides, Landslides Parameter, Scoring, Landslides Prone Map*

**STUDI IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR
MENGUNAKAN CITRA FOTO UDARA DENGAN
PARAMETER KEMIRINGAN LERENG DAN TUTUPAN
LAHAN
(STUDI KASUS : KECAMATAN ANYAR, KABUPATEN
SERANG, BANTEN)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

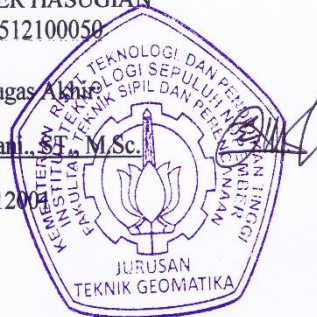
Oleh:

PUTRI ESTER HASUGIAN
NRP. 3512100050

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc.

NIP. 197812122005012001



SURABAYA, JUNI 2016

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) yang berjudul “ Studi Identifikasi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Foto Udara Dengan Parameter Kemiringan Lereng dan Tutupan lahan” dengan lancar dan tepat waktu.

Selama penyelesaian laporan kerja praktek ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Sehingga disini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia dan kesempatan-Nya penulis dapat melakukan dan menyusun laporan penelitian Tugas Akhir ini
2. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan dukungan
3. Ibu Hepi Hapsari Handayani, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, di Teknik Geomatika ITS
4. Adik-adik, Dennis Messelinus dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan mental dalam penulisan tugas akhir ini
5. Teman-teman Teknik Geomatika ITS khususnya Sahabat Gelembung dan HHH Team yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini

Demikian laporan Tugas Akhir ini dibuat. Penulis sadar bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas kekurangan tersebut dan mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan Mahasiswa Teknik Geomatika.

Surabaya, 14 Juni 2016
Penulis

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB II.....	5
2.1 Dasar-dasar Pemetaan	5
2.1.1 Pengertian Peta	5
2.1.2 Skala.....	5
2.1.3 Proyeksi UTM	5
2.2 Fotogrametri	6
2.2.1 Pengertian Fotogrametri	6
2.2.2 Foto Udara Tegak	6
2.3 <i>Digital Elevation Model</i>	7
2.4 Peta Foto dan Mosaik.....	7
2.5 Mosaik Ortofoto	8
2.6 Resolusi Citra	9
2.7 Klasifikasi Terbimbing.....	10
2.7.1 <i>Segmentation</i>	12
2.7.2 <i>Region Merging</i>	14
2.7.3 <i>Refining</i> (Penentuan <i>Threshold</i>)	15
2.8 Longsor	16
2.8.1 Kemiringan Lereng (<i>Slope</i>)	17
2.8.2 Tutupan lahan	22
2.8.3 Tingkat Kerawanan Longsor	23

2.9 Kabupaten Serang.....	23
2.10 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III	27
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.2 Data dan Peralatan.....	28
3.2.1 Data	28
3.2.2 Peralatan	29
3.3 Metodologi Penelitian	30
3.3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	30
3.3.2 Tahapan Pengolahan Data	32
BAB IV	35
4.1 Hasil	35
4.1.1 Hasil Mosaik Ortofoto	35
4.1.2 Hasil DEM.....	36
4.1.3 Hasil Klasifikasi <i>Slope</i>	37
4.1.4 Hasil Klasifikasi Tutupan lahan.....	38
4.1.5 Hasil Peta Kerawanan Longsor.....	40
4.2 Analisa	42
4.2.1 Analisa Ortofoto	42
4.2.2 Analisa DEM.....	42
4.2.3 Analisa Klasifikasi <i>Slope</i>	43
4.2.4 Analisa Segmentasi	44
4.2.5 Analisa <i>Merging</i>	44
4.2.6 Analisa <i>Sampling</i>	45
4.2.4 Analisa Klasifikasi Tutupan lahan	47
4.2.5 Analisa Kerawanan Bencana	48
4.2.6 Validasi Kerawanan Bencana	48
BAB V	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	53
BIODATA PENULIS.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sebagian mosaik, ortofoto, dan garis tinggi	8
Gambar 2. 2 Hierarki Proses Region Merging (Calderero dan Marquest 2013)	15
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Contoh citra foto udara	28
Gambar 3. 3 Contoh <i>ground truth</i>	28
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	30
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengolahan Data	33
Gambar 4. 1 Hasil Mosaik Ortofoto.....	35
Gambar 4. 2 Hasil Crop Mosaik Ortofoto	36
Gambar 4. 3 DEM.....	36
Gambar 4. 4 Peta Kemiringan Lereng	37
Gambar 4. 5 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan.....	38
Gambar 4. 6 Peta Kerawanan Longsor	41
Gambar 4. 7 Distribusi Titik ICP.....	42
Gambar 4. 8 Grafik Kemiringan Lereng.....	43
Gambar 4. 9 <i>Region margins</i> hasil klasifikasi	45
Gambar 4. 10 Hasil Klasifikasi Berdasarkan <i>Sampling</i>	46
Gambar 4. 11 Grafik Kemiringan Longsor.....	48

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Kemiringan Lereng	21
Tabel 2. 2 Skoring Penggunaan Lahan	22
Tabel 4. 1 Luas Kemiringan Lereng.....	35
Tabel 4. 2 Luas Klasifikasi Tutupan lahan	39
Tabel 4. 3 Skoring Penggunaan Lahan	39
Tabel 4. 4 Interval Kelas	40
Tabel 4. 5 Luas Tiap Kelas Kerawanan	40
Tabel 4. 6 Distribusi Titik ICP	43
Tabel 4. 7 Parameter Klasifikasi.....	44
Tabel 4. 8 Total sampel tiap kelas	45
Tabel 4. 9 Distribusi <i>Ground Truth</i>	47

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi fotogrametri menggunakan data citra foto udara sebagai data utama. Salah satu aplikasi teknologi fotogrametri adalah pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM) dan Peta Tutupan lahan. DEM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap ellipsoid meliputi data-data ketinggian unsur-unsur bangunan (bagian paling atasnya), pepohonan/vegetasi (pucuk atau bagian atasnya), beserta objek-objek lainnya yang menonjol dari permukaan bumi dan dikenali oleh (sensor) pengamat (Julzarika, Kustiyo, & Harsanugraha, 2008). Penutupan lahan merupakan istilah yang berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi (Lillesand & Kiefer, 1993).

Tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan masa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Adanya lereng yang cukup curam merupakan salah satu pemicu terjadinya longsor karena menyebabkan massa tanah bergerak atau meluncur ke bawah (Suripin, 2002)

Kabupaten Serang adalah salah satu wilayah Indonesia yang memiliki resiko dalam bencana longsor. Berdasarkan Indeks Resiko Bencana Indonesia (IRBI) 2013 yang dirilis Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menempatkan Kecamatan Anyar peringkat ke enam se Provinsi Banten dalam resiko bencana longsor. Pada awal tahun 2015 terjadi bencana longsor yang menimpa 100 rumah tetapi peristiwa tersebut tidak menimbulkan korban jiwa. (Deslatama, 2015). Untuk menentukan kelas kerawanan pada daerah penelitian digunakan dengan metode menganalisa kemiringan lereng (*slope*) dan tutupan lahan . Kemiringan lereng merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya longsor di suatu wilayah . Kriteria kemiringan lereng dapat dibagi ke dalam 5 kategori yaitu kategori datar-landai, agak miring, miring, sangat miring, terjal – sangat terjal. Dan

berdasarkan interval nya, kelas kerawanan longsor dapat dibagi ke dalam 5 kategori yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (Purnomo, 2008). Dari Peta RBI Skala 1 : 25.000 wilayah penelitian dibagi ke dalam 4 kelas yaitu perkebunan, sawah, pemukiman, dan tambang pasir.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan Peta Kemiringan Lereng dan Peta Tutupan lahan dari citra foto udara?
2. Bagaimana membuat Peta Kemiringan Longsor?
3. Bagaimana menganalisa kelas kerawanan berdasarkan kemiringan lereng dan tutupan lahan?

1.3 Batasan Masalah

1. Pembuatan Peta Kemiringan Lereng dan Peta Tutupan lahan dari citra foto udara
2. Lokasi Penelitian di Desa Kosambironyok, Kecamatan Anyar, Serang, Banten
3. Pemandangan hasil adalah Kelas Rawan Longsor oleh BPBD
4. Kelas kerawanan menggunakan parameter kemiringan lereng (*slope*) dan Tutupan lahan

1.4 Tujuan

1. Membuat Peta Kemiringan Lereng dari DEM dan Peta Tutupan lahan dari citra foto udara
2. Membuat Peta Kemiringan Longsor
3. Menganalisa kelas kerawanan menggunakan parameter kemiringan lereng dan tutupan lahan

1.5 Manfaat

1. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi bahan informasi bagi pemerintah dan masyarakat Kecamatan Anyar agar masyarakat mampu menanggulangi dan mengantisipasi terjadinya longsor
2. Peta Kemiringan Lereng dan Peta Tutupan lahan hasil penelitian ini dapat digunakan peneliti selanjutnya untuk keperluan tanggap bencana dan pemetaan.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar-dasar Pemetaan

2.1.1 Pengertian Peta

Peta merupakan gambar permukaan Bumi pada bidang datar dalam ukuran yang lebih kecil. Dalam hal ini posisi titik-titik pada peta ditentukan terhadap system siku-siku x dan y , sedangkan posisi titik-titik pada muka Bumi ditentukan oleh lintang dan bujur (ϕ dan λ) (Hariyanto, 2003).

2.1.2 Skala

Skala peta biasanya dapat dinyatakan secara umum saja sebagai perbandingan antara sebuah jarak pada peta dengan jarak tersebut pada tanah. Dalam hal yang sama dapat pula dikatakan bahwa skala foto merupakan perbandingan antara sebuah jarak pada foto dengan jarak tersebut pada tanah (Hariyanto, 2003).

Pada sebuah peta, skalanya homogen, karena suatu peta dilihat dari system proyeksinya adalah proyeksi orthogonal, sedangkan pada foto udara dengan system proyeksi adalah proyeksi perspektif, mempunyai skala yang tidak homogen. Skala tersebut sangat bervariasi, tergantung dengan tinggi rendah permukaan tanah yang dipotret (Hariyanto, 2003).

2.1.3 Proyeksi UTM

Proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM) memiliki ciri-ciri yang hampir sama dengan proyeksi TM, yaitu: silinder, conform, tangent, transversal (Prihandito, 1988). Perbedaan yang ada adalah:

- a. Bidang silinder akan memotong bola Bumi di dua buah meridian, yang disebut *meridian standard* dengan faktor skala (k) = 1.
- b. Lebar zone (wilayah) sebesar 6° , dengan demikian Bumi dibagi dalam 60 zone.
- c. Tiap zone mempunyai meridian tengah sendiri.

d. Perbesaran di meridian tengah = 0.9996

Zone nomor 1, dimulai dari daerah yang dibatasi oleh meridian 180° B dan 174° B dan dilanjutkan ke arah timur sampai nomor 60. Batas parallel tepi atas dan tepi bawah adalah 84° utara dan 80° selatan (Prihandito, 1988). Dengan demikian untuk daerah kutub harus diproyeksikan dengan proyeksi lain.

2.2 Fotogrametri

2.2.1 Pengertian Fotogrametri

Fotogrametri dapat didefinisikan sebagai suatu seni, pengetahuan, dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu objek serta keadaan di sekitarnya melalui proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan) (Hariyanto, 2003).

2.2.2 Foto Udara Tegak

Foto udara tegak adalah foto udara dengan sumbu kameranya searah dengan arah gaya berat atau sumbu optis lensa kameranya mempunyai kemiringan $< 3^{\circ}$. Jika sumbu kamera pada saat pemotretan dilakukan keadaannya tegak, maka bidang foto akan sejajar dengan bidang datum (Hariyanto, 2003). Selain itu anggapan lain mengenai pengertian foto udara tegak yaitu berupa:

- a. Sistem koordinat fotonya dianggap mempunyai titik pusat berimpit dengan titik utama.
- b. Semua koordinat foto dianggap bebas dari pengaruh-pengaruh penyusutan / pengembangan bahan film, distorsi lensa, distorsi akibat refraksi atmosfer, distorsi karena melengkungnya permukaan Bumi.

2.3 Digital Elevation Model

Banyak literatur yang menganggap *Digital Terrain Model* (DTM) dan *Digital Elevation Model* (DEM) memiliki pengertian yang sama. Akan tetapi menurut (Julzarika, Kustiyo, & Harsanugraha, 2008) dijelaskan bahwa DEM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap ellipsoid meliputi data-data ketinggian unsur-unsur bangunan (bagian paling atasnya), pepohonan/vegetasi (pucuk atau bagian atasnya), beserta objek-objek lainnya yang menonjol dari permukaan bumi dan dikenali oleh (sensor) pengamat.

Adapun DTM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap koordinat toposentrik dan telah dilakukan koreksi unsur-unsur geodetis terhadap model tersebut. DTM hanya memperhitungkan ketinggian permukaan bumi (bagian bawah/alas permukaan bumi yang menonjol). Oleh karena itu, model-model ketinggian yang diperoleh dari hasil pengukuran terestris akan menghasilkan DTM, sedangkan model-model ketinggian yang diekstrak dari sensor-sensor satelit akan menghasilkan DEM.

2.4 Peta Foto dan Mosaik

Secara sederhana maka peta foto (photomap) dapat diartikan sebagai foto udara yang digunakan secara langsung sebagai substitusi peta planimetrik. Pada umumnya dilakukan perubahan skala foto ke skala yang dikehendaki dengan jalan pembesaran atau pengecilan skala. Informasi tentang judul, nama tempat, dan data lain dapat ditumpangkan pada foto dengan cara serupa seperti yang dilakukan pada peta. Peta foto dapat dibuat dari satu foto udara, atau dari bagian-bagian dua foto atau lebih untuk membentuk paduan gambaran yang bersambung. Paduan ini biasanya disebut mosaik (Wolf, 1993).

Satu foto dapat digunakan untuk membuat peta foto bila foto itu meliputi seluruh daerah yang harus digambarkan. Pada tahun-tahun lampau, karena keterbatasan tinggi terbang (sehingga membatasi liputan foto) yang dapat dilakukan oleh pesawat terbang dahulu, pada umumnya perlu dibuat mosaik. Pada akhir-akhir ini, pesawat

terbang baru seperti Lear Jet mampu mencapai tinggi terbang sekitar 50.000 kaki atau lebih, sehingga satu lembar foto dapat meliputi daerah luas. Hal ini agak mengurangi keperluan pembuatan mosaik. Akan tetapi, bagi foto skala besar untuk daerah luas, atau bila ukuran peta foto yang diinginkan melebihi kemampuan alat pembesar (enlarger) yang tersedia, masih diperlukan penyusunan mosaik untuk mengatasi masalah ini (Wolf, 1993).

2.5 Mosaik Ortofoto

Mosaik ortofoto merupakan gabungan dua ortophoto atau lebih untuk membentuk gambar utuh suatu medan. Seperti ditunjukkan oleh namanya, ortofoto merupakan gambaran ortografik medan. Ortofoto dibuat dari foto udara tegak dengan menggunakan instrumen rektifikasi diferensial.

Pergeseran letak gambar oleh relief dan kesendengan foto telah dihilangkan pada ortofoto sehingga gambar yang disajikan terletak pada posisi planimetrik yang benar. Oleh karena itu jarak, sudut, dan luas dapat diukur secara langsung seperti pada peta. Gambar 2.1 menyajikan sebagian mosaik ortofoto dengan garis tinggi yang digambarkan padanya (Wolf, 1993).



Gambar 2. 1 Sebagian mosaik, ortofoto, dan garis tinggi

Kenampakan hanya seperti foto udara tegak biasa dengan garis tinggi. Mosaik ortofot mempunyai keuntungan piktoral seperti pada mosaik foto udara dan ketelitian geometrik seperti peta. Di samping itu keunggulan lainnya berupa dapat dibuatnya dengan lebih cepat dan lebih ekonomis daripada peta garis dan simbol.

Secara umum maka cara kerja yang telah dibincangkan bagi penyusunan mosaik terkontrol juga digunakan untuk penyusunan mosaik ortofoto. Akan tetapi di dalam pembuatan mosaik ortofoto maka tiap foto disiapkan dengan skala yang telah ditentukan sebelumnya pada material dasar yang stabil (misalnya film), bukan pada material dasar kertas. Karena positif ortofoto telah diseragamkan skalanya dan karena tidak mengandung distorsi, hanya dijumpai sedikit kesulitan dalam memadu gambar pada saat penyusunan mosaik. Di dalam pembuatan mosaik dengan material dasar film, pinggirannya harus digosok dengan kertas gosok. Bahan pelekats yang terbaik ialah “beeswax” (Wolf, 1993).

2.6 Resolusi Citra

Kualitas gambar citra penginderaan jauh dapat dilihat berdasarkan resolusi yang digunakan. Paling utama dapat dibedakan menjadi 3 yaitu: resolusi spasial, temporal, dan spektral. (Suwargana, 2013)

1. Resolusi spasial; merupakan ukuran terkecil obyek di lapangan yang dapat direkam pada data digital maupun pada citra. Pada data digital resolusi di lapangan dinyatakan dengan pixel. Semakin kecil ukuran terkecil yang dapat direkam oleh suatu sistem sensor, berarti sensor itu semakin baik karena dapat menyajikan data dan informasi yang semakin rinci. Resolusi spasial yang baik dikatakan resolusi tinggi atau halus, sedang yang kurang baik berupa resolusi kasar atau rendah. Dalam menentukan range resolusi, ada tiga tingkat ukuran resolusi yang perlu diketahui, yaitu:

- a. Resolusi spasial tinggi, berkisar : 0.6-4 m.
- b. Resolusi spasial menengah, berkisar : 4-30 m

c. Resolusi spasial rendah, berkisar : 30 - > 1000 m

Beberapa contoh satelit bumi yang mempunyai resolusi spasial adalah:

- a. Landsat : 15 meter pada mode pankromatik dan 30 meter pada mode multispektral
- b. Spot : 10 meter pada mode pankromatik dan 20 meter pada mode multispektral
- c. Ikonos : 1 meter pada mode pankromatik dan 4 meter pada mode multispektral.

2. Resolusi temporal; Resolusi temporal ialah frekuensi perekaman ulang kembali ke daerah yang sama pada rentang waktu tertentu. Rentang waktu perulangan ke asal daerah yang sama satuannya dinyakan dalam jam atau hari, contoh resolusi temporal ini:

- a. Resolusi temporal tinggi berkisar antara : <24 jam - 3 hari.
- b. Resolusi temporal sedang berkisar antara : 4-16 hari
- c. Resolusi temporal rendah berkisar antara:> 16 hari

Beberapa contoh satelit bumi yang mempunyai resolusi temporal (Suwargana, 2013) yaitu :

- a. Landsat generasi 1 : 18 hari
- b. Landsat generasi 2 : 16 hari
- c. SPOT: 26 hari atau 6-7 kali/bulan karena sensor dapat ditengokkan arah perekamannya
- d. Ikonos: antara 1,5 sampai 3 hari.

2.7 Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel-piksel. Tahap ini merupakan identifikasi dan klasifikasi piksel-piksel yang terdapat pada melalui training area (Indarto, 2009). Pada klasifikasi terbimbing pencirian spektralnya tidak akan berubah karena adanya pemberian sampel dalam menghasilkan kelas informasi yang mana sampel tersebut ditentukan terlebih dahulu oleh produsen. Klasifikasi terbimbing terbagi menjadi beraneka ragam. Salah satu pendekatan yang paling sering digunakan adalah klasifikasi *maximum likelihood classification*,

meskipun ada beberapa kelemahan dari pendekatan ini salah satunya yaitu banyaknya kesalahan klasifikasi yang ditimbulkan oleh salt and pepper, terutama jika piksel berada di luar area spesifik atau diantara area yang tumpang tindih, yang dipaksakan untuk diklasifikasikan (Indarto, 2009). Klasifikasi menggunakan metode berbasis piksel banyak digunakan pada citra yang memiliki resolusi menengah seperti pada citra Landsat, ALOS, SPOT, yang mana potensi untuk terjadinya salt and pepper tidak terlalu besar dan spektral yang dimiliki lebih beraneka ragam. Akan tetapi sekarang ini mulai adanya penelitian yang mengarah pada citra resolusi tinggi seperti IKONOS, Quickbird, Worldview. Citra yang memiliki resolusi tinggi kadang terbatas pada resolusi spektralnya, karena kenampakan obyeknya yang sangat jelas karena kedetailannya resolusinya sehingga tidak perlu spektral yang beraneka ragam dalam menentukan obyeknya, selain itu citra yang beresolusi tinggi lebih sering digunakan untuk klasifikasi visual daripada klasifikasi digital. Keterbatasan pengkelasan obyek menggunakan satu aspek saja seiring waktu mulai terjawab dengan adanya metode baru yaitu metode klasifikasi berbasis obyek. Klasifikasi ini tidak hanya melihat dari satu aspek akan tetapi beberapa aspek seperti *scale*, *color*, *tekstur*. Penggunaan aspek tambah ini akan memperkaya informasi dari proses klasifikasi.

Klasifikasi multispektral sering diaplikasikan untuk penutup lahan maupun penggunaan lahan. Penggunaan klasifikasi untuk hal yang lebih detail seperti memetakan komposisi floristik masih jarang dilakukan. Pemetaan komposisi floristik ini dilihat dari struktur daun dan kenampakan tajuk perbedaannya sangat tipis sekali antara vegetasi sehingga perlu citra penginderaan jauh yang memiliki resolusi spasial yang detail dan resolusi spektral yang beraneka ragam. Sehingga citra Worldview-2 merupakan salah satu pilihan dari beberapa citra penginderaan jauh resolusi spasial detail yang lain seperti IKONOS, Quickbird, Geoeye. Keunggulan dari citra Worldview-2 ini memiliki 8 band sehingga aspek spektral yang digunakan untuk pemrosesan klasifikasi lebih banyak (Indarto, 2009)

2.7.1 Segmentation

Terdapat dua pendekatan utama dalam citra yaitu didasarkan pada tepid an wilayah (*edge and region-based*). Segmentasi didasarkan pada tepi membagi suatu citra didasarkan pada diskontinuitas di antara sub-sub wilayah, sedangkan segmentasi berdasarkan wilayah berdasarkan kesamaan property tertentu di dalam sub wilayah tersebut (Snyder 2005).

a. Segmentasi Edge-Based

Suatu *edge* dapat didefinisikan sebagai batas (*boundary*) di antara dua wilayah dengan *relativity distinct properties*. Segmentasi yang didasarkan pada *edge* didasarkan pada setiap *sub-region* dalam suatu citra cukup seragam sehingga perbedaan di antara dua *sub-region* dapat ditentukan pada dasar diskontinuitas itu sendiri. Pada saat asumsi ini tidak valid, *region-based segmentation*, seringkali lebih masuk akal untuk hasil segmentasinya. Dasar dari teknik *edge-detection* seringkali pada perhitungan suatu operator *derivative* lokalnya. Gradient vector suatu citra $I(x,y)$, diberikan melalui persamaan :

$$\nabla I = \begin{bmatrix} \partial I / \partial x \\ \partial I / \partial y \end{bmatrix} : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^2$$

Diperoleh melalui derivative parsial $\partial I / \partial x$ dan $\partial I / \partial y$ pada setiap lokasi pixel. Fungsi Laplacian dari fungsi citra $I(x,y)$ merupakan jumlah dari turunan ke dua, yang didefinisikan sebagai :

$$\nabla^2 I = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$$

Secara umum *Laplacian* digunakan untuk menemukan lokasi *edge* dengan menggunakan *zero-crossingnya*. Sebagai *derivative* kedua, seringkali *Laplacian* lebih *sensitive* terhadap *noise*. Alternatifnya menggunakan

konvolusi suatu citra dengan fungsi *Laplacian of Gaussian (LoG)*, di mana fungsi adalah sebagai berikut:

$$\text{LoG}(x,y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4}\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$$

Di mana fungsi Gaussian berdimensi dua dengan standar deviasinya yang didefinisikan sebagai:

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$$

Fungsi *LoG* menghasilkan *edge* yang lebih halus sebagai *Gaussian filtering* yang akan menghasilkan efek penghalusan. Operator lain yang biasanya digunakan adalah Operator Sobel ditampilkan melalui konvolusi suatu citra dengan kernel. Efek penghalusan lebih baik hasil fiturnya yang didapatkan jika dibandingkan dengan kernel dalam gambar sebelumnya karena derivative memperbaiki *noise*. *Canny edge detector* didasarkan pada nilai *ekstrem derivative* pertama operator Gaussian pada suatu citra. Operator memperhalus citra untuk mengurangi *noise*, dan menemukan *gradient* yang tinggi suatu wilayah.

b. Segmentasi Region-Based

Segmentasi *region-based* ,mencari keseragaman di dalam *sub-region*, yang didasarkan pada *property* antara lain : *intensity*, *color*, dan *texture*. *Region growing* merupakan suatu teknik yang menggabungkan pixel-pixel atau *sub-region* kecil ke dalam *sub-region* yang besar. Implementasi yang paling sederhana dari pendekatan ini adalah pixel aggregation, yang mana dimulai dari suatu kumpulan *seed point* dan *region grow* dari *seed* tersebut melalui agregasi pixel-pixel tetangga jika memenuhi *criteria* yang ditentukan. Pendekatan *region-based* secara umum kurang *sensitive* terhadap

noise, dan seringkali menghasilkan segmentasi yang lebih baik, tetapi implementasinya lebih kompleks dan membutuhkan perhitungan yang lebih rumit.

c. Ambang Batas (*Thresholding*)

Metode ambang batas dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan seperti *histogram shape-based*, *entropy-based*, *object attribute-based*, dan *spatial –based*, tetapi tidak dapat digunakan untuk mensegmentasi citra objek geografis dikarenakan metode ambang batas diukur berdasarkan tingkat intensitas derajat keabuannya, sedangkan dalam citra objek geografis, ada banyak sekali warna (Flanders 2003).

2.7.2 Region Merging

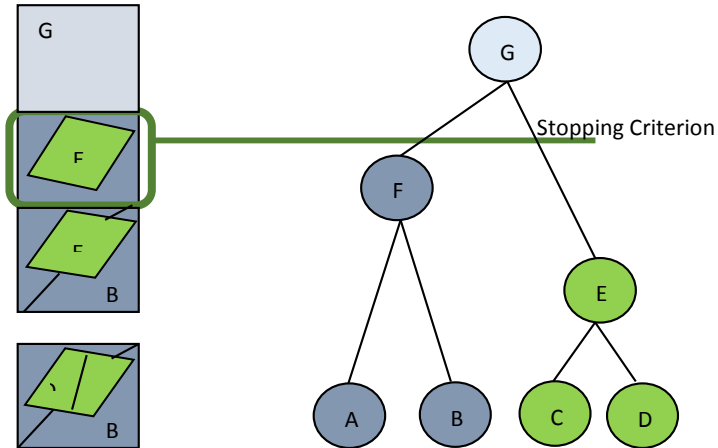
Region merging merupakan tahapan opsional untuk melakukan agregat pada hasil *segment* yang terlalu kecil menuju ukuran segmen terdekat yang lebih besar. Untuk melakukan *Region Merging*, diperlukan sebuah parameter yang disebut *merge level* yang nilainya antara 0-100. Algoritma yang dipakai untuk melakukan *merging* adalah algoritma *Full-Lambda Schedule* yang menghubungkan *segment* berdasarkan pada *spectral* dan spasial. Penggabungan terjadi ketika algoritma menemukan sepasang daerah yang berdekatan I dan j, maka akan dihasilkan *Lambda* (t_{ij}) yang juga merupakan *merge level*. Rumusnya adalah sebagai berikut (Robinson dkk 2002):

$$t_{ij} = \frac{\frac{|o_i \times o_j|}{|o_i + o_j|}}{\text{length}(\partial(o_i, o_j))} \times \frac{\|u_i - u_j\|^2}{\text{length}(\partial(o_i, o_j))}$$

Keterangan :

- O_i adalah segmen i pada citra
- $|O_i|$ adalah luas pada segmen i
- u_i adalah nilai rata-rata pada segmen i
- u_j adalah nilai rata-rata pada segmen j

- $\|u_i - u_j\|$ adalah jarak *Euclidean* antara nilai *spectral* dari segmen I dan segmen j
- $\text{length}(\partial(O_i, O_j))$ adalah jarak dari *boundary* yang terbentuk antara O_i dan O_j



Gambar 2. 2 Hierarki Proses Region Merging (Calderero dan Marquest 2013)

2.7.3 Refining (Penentuan Threshold)

Refining adalah tahap untuk menentukan *Threshold* (bila perlu). Metode *Thresholding* sangat membantu saat kita melakukan ekstraksi *point feature* (seperti bandara atau bangunan) yang akan sulit jika terjadi *over segmentation* yang disebabkan karena *Scale level* terlalu besar

2.8 Longsor

Menurut Suripin (2002) tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan masa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Peristiwa tanah longsor dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan dan sebenarnya merupakan fenomena alam yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Arsyad (1989) mengemukakan bahwa tanah longsor ditandai dengan bergeraknya sejumlah massa tanah secara bersama-sama dan terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Lapisan yang terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncur. Longsoran akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan sebagai berikut :

- a) Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah
- b) Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak, yang akan menjadi bidang luncur, dan
- c) Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh.

Lapisan kedap air dapat berupa tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi, atau dapat juga berupa lapisan batuan.

Terdapat beberapa ciri/karakteristik daerah rawan akan gerakan tanah (Darsoatmojo & Soedradjat, 2002) , yaitu :

- a) Adanya gunung api yang menghasilkan endapan batu vulkanik yang umumnya belum padu dan dengan proses fisik dan kimiawi maka batuan akan melapuk, berupa lempung pasir atau pasir lempungan yang bersifat sarang, gembur, dan mudah meresapkan air.

- b) Adanya bidang luncur (diskontinuitas) antara batuan dasar dengan tanah pelapukan, bidang luncuran tersebut merupakan bidang lemah yang licin dapat berupa batuan lempung yang kedap air atau batuan breksi yang kompak dan bidang luncuran tersebut miring ke arah lereng yang terjal.
- c) Pada daerah pegunungan dan perbukitan terdapat lereng yang terjal, pada daerah jalur patahan/sesar juga dapat membuat lereng menjadi terjal dan dengan adanya pengaruh struktur geologi dapat menimbulkan zona retakan sehingga dapat memperlemah kekuatan batuan setempat.

2.8.1 Kemiringan Lereng (*Slope*)

Menurut (Karnawati, 2001), kelerengan menjadi faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya tanah longsor. Pembagian zona kerentanan sangat terkait dengan kondisi kemiringan lereng. Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Namun tidak selalu lereng atau lahan yang miring berbakat atau berpotensi longsor. Potensi terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lerengnya, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup, dan penggunaan lahan pada lereng tersebut.

Lebih jauh (Karnawati, 2001) menyebutkan terdapat 3 tipologi lereng yang rentan untuk bergerak/ longsor, yaitu : Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak. Lereng yang tersusun oleh pelapisan batuan miring searah lereng. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan. Kemantapan suatu lereng tergantung kepada gaya penggerak dan gaya penahan yang ada

pada lereng tersebut. Gaya penggerak adalah gaya-gaya yang berusaha untuk membuat lereng longsor, sedangkan gaya penahan adalah gayagaya yang mempertahankan kemantapan lereng tersebut. Jika gaya penahan ini lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut tidak akan mengalami gangguan atau berarti lereng tersebut mantap (Das, 1993; Notosiswojo dan Projosumarto, 1984 dalam Mustafiril, 2003). Faktor-faktor yang menyebabkan longsor secara umum diklasifikasikan sebagai berikut (Notosiswojo dan Projosumarto, 1984 dalam Mustafiril, 2003):

1. Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan geser, yaitu : naiknya berat unit tanah karena pembasahan, adanya tambahan beban eksternal seperti bangunan, bertambahnya kecuraman lereng karena erosi alami atau karena penggalan, dan bekerjanya beban guncangan
2. Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan geser, yaitu : adanya absorpsi air, kenaikan tekanan pori, beban guncangan atau beban berulang, pengaruh pembekuan atau pencairan, hilangnya sementasi material, proses pelapukan, dan hilangnya kekuatan karena regangan berlebihan pada lempung sensitif.

Sitorus (2006) menjelaskan bahwa peningkatan tegangan geser dapat disebabkan oleh banyak faktor lain :

- a) Hilangnya penahan lateral; karena aktifitas erosi, pelapukan, penambahan kemiringan lereng, dan pemotongan lereng
- b) Kelebihan beban; karena air hujan yang meresap ke tanah, pembangunan di atas lereng; karena pengikisan air, penambangan batuan, pembuatan terowongan, dan eksploitasi air tanah berlebihan
- c) Getaran; karena gempa bumi atau mesin kendaraan
- d) Hilangnya tahanan bagian bawah lereng; karena pengikisan air

- e) Tekanan lateral; karena pengisian air di pori-pori antarbutiran tanah dan pengembangan tanah
- f) Stuktur geologi yang berpotensi mendorong terjadinya longsor adalah kontak antarbatuan dasar dengan pelapukan batuan, adanya retakan, patahan, rekahan, sesar, dan perlapisan batuan yang terlampaui miring
- g) Sifat batuan; pada umumnya komposisi mineral dari pelapukan batuan vulkanis yang berupa lempung akan mudah mengembang dan bergerak. Tanah dengan ukuran batuan yang halus dan seragam, kurang padat atau kurang kompak
- h) Air; adanya genangan air, kolam ikan, rembesan, susut air cepat. Saluran air yang terhambat pada lereng menjadi salah satu sebab yang mendorong munculnya pergerakan tanah atau longsor
- i) Vegetasi/tutupan lahan; peranan vegetasi pada kasus longsor sangat kompleks. Jika tumbuhan tersebut memiliki perakaran yang mampu menembus sampai lapisan batuan dasar maka tumbuhan tersebut akan sangat berfungsi sebagai penahan massa lereng. Di sisi lain meskipun tumbuhan memiliki perakaran yang dangkal tetapi tumbuh pada lapisan tanah yang memiliki daya kohesi yang kuat sehingga menambah kestabilan lereng. Pada kasus tertentu tumbuhan yang hidup pada lereng dengan kemiringan tertentu justru berperan sebagai penambah beban lereng yang mendorong terjadinya longsor.

Secara umum bentuk penampang keruntuhan lereng dibedakan atas :

- berbentuk rotasi lingkaran (*circular rotational slips*) untuk kondisi tanah homogen
- tidak berbentuk lingkaran (*non-circular*) untuk kondisi tanah tidak homogen

- bentuk translasi (*translational slip*) untuk kondisi tanah yang mempunyai perbedaan kekuatan antara lapisan permukaan dengan lapisan dasar longsor dan pada umumnya terletak pada lapisan tanah dangkal (*shallow depth*) serta longsor yang terjadi berupa bidang datar dan sejajar dengan lereng, dan
- bentuk kombinasi (*compound slip*) biasanya terjadi pada lapisan tanah dengan dalam yang besar (*greater depth*) dan bentuk keruntuhan penampangnya terdiri dari lengkung dan datar (Peck dan Terzaghi, 1987; McKyes, 1989; Craig, 1992; Bhandari, 1995, dalam Mustafiril, 2003).

Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Lereng atau lahan yang kemiringannya melampaui 20 derajat (40%), umumnya berbakat untuk bergerak atau longsor. Namun tidak selalu lereng atau lahan yang miring berpotensi untuk longsor. Menurut Anwar et al (2001), dari berbagai kejadian longsor, dapat diidentifikasi 3 tipologi lereng yang rentan untuk bergerak yaitu:

- a) Lereng timbunan tanah residual yang dialasi oleh batuan kompak
- b) Lereng batuan yang berlapis searah lereng topografi
- c) Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan

Tabel 2. 1 Kriteria Kemiringan Lereng

No	Deskripsi Lereng	Sudut Lereng (°)	Kelas	Harkat
1	Datar-landai	0 – 8	Sangat Baik	1
2	Agak Miring	8 -15	Baik	2
3	Miring	15 – 25	Sedang	3
4	Sangat Miring	25 – 45	Jelek	4
5	Terjal-sangat terjal	> 45	Sangat Jelek	5

Sumber : Sulistiarto, 2010

Berdasarkan Tabel 2.1 kelas kemiringan lereng dibagi ke dalam 5 kelas yaitu sangat baik, baik, sedang, jelek, dan sangat jelek. Kemiringan lereng dapat diukur dengan besaran sudut, di mana besar sudut tersebut akan menentukan kelas kemiringan lereng dan harkat yang akan didapatkan untuk menentukan kelas kerawanan longsor. (Purnomo, 2008)

2.8.2 Tutupan lahan

Penutupan lahan merupakan istilah yang berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi (Lillesand & Kiefer, 1993). Penutupan menggambarkan konstruksi vegetasi dan buatan yang menutup permukaan lahan (Burley, 1961 dalam Lo, 1995). Konstruksi tersebut seluruhnya tampak secara langsung dari citra penginderaan jauh. Tiga kelas data secara umum yang tercakup dalam penutupan lahan, yaitu :

1. Struktur fisik yang dibangun oleh manusia.
2. Fenomena biotik seperti vegetasi alami, tanaman pertanian, dan kehidupan binatang
3. Tipe pembangunan Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu.

Informasi penutupan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh yang tepat, sedangkan informasi tentang kegiatan manusia pada lahan (penggunaan lahan) tidak selalu dapat ditafsir secara langsung dari penutupan lahannya (Lillesand & Kiefer, 1993)

Menurut (Sulistiarto, 2010), harkat untuk setiap klasifikasi tutupan lahan dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Skoring Penutupan Lahan

No	Tutupan Lahan	Nilai
1	Sungai, danau, waduk	1
2	Hutan	2
3	Perkebunan	3
4	Pemukiman, sawah	4
5	Lahan terbuka	5

2.8.3 Tingkat Kerawanan Longsor

Untuk menentukan kelas kerawanan longsor lahan digunakan interval antara harkat maksimal minimal berdasarkan metode *Sturges* (Purnomo, 2008) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Interval Kelas} = \frac{\text{Harkat maks} - \text{Harkat Min}}{\text{Jumlah Kelas}} \quad (2.3)$$

2.9 Kabupaten Serang

Kabupaten Serang terletak di ujung barat wilayah Provinsi Banten dan posisi 105°7' - 106°22' BT dan 5°50' - 6°21' LS dengan batas wilayah :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Selatan : Kabupaten Lebak dan Kabupaten Pandeglang
- Sebelah Barat : Kota Cilegon dan Selat Sunda
- Sebelah Timur : Kabupaten Tangerang

Wilayah Kabupaten Serang sebagian besar adalah dataran rendah yang memiliki ketinggian kurang dari 500 mdpl dan beriklim tropis dengan curah hujan yang cukup tinggi dan hari hujan banyak dengan rata-rata dalam sebulan 97,6 mm dan 14 hari hujan. Sekitar 74,44 % dari luas wilayah keseluruhan Kabupaten Serang digunakan untuk lahan pertanian (Maulina, 2007)

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait identifikasi longsor dengan variabel kemiringan lereng dan tutupan lahan adalah sebagai berikut :

- Samsul Arifin, Ita Carolita, dan Gatot Winarso (2006) dengan judul penelitian “ Implementasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Inventarisasi Daerah Rawan Longsor Provinsi Lampung “. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran daerah potensi longsor. Metode yang digunakan adalah SIG dengan pendekatan model Indeks Storie dengan menggunakan variabel Curah Hujan, Kemiringan Lereng (*slope*), Geologi, jenis tanah, dan penggunaan lahan. Hasil dari penelitian ini adalah Peta Tingkat Kerawanan Longsor Provinsi Lampung.
- Bagus Sulistiarto (2007) melakukan penelitian berjudul “ Studi Tentang Identifikasi Longsor Dengan Menggunakan Citra Landsat dan Aster (Studi Kasus : Kabupaten Jember)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi daerah yang berpotensi longsor di wilayah kabupaten Jember. Penelitian ini menggunakan metode Penginderaan Jauh dnegan variabel curah hujan, jenis tanah, ketinggian, tutupan lahan, dan kemiringan lereng. Hasil penelitian ini adalah menentukan kelas kerawanan longsor Kabupaten Jember.
- Bayu Septianto Satrio Utomo (2008) dengan judul penelitian “ Identifikasi Daerah Kerawanan Longsor di Kabupaten Bogor Jawa Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kemungkinan dan penyebab terjadinya longsor pada daerah-daerah yang berbahan induk vulkanik, mempelajari bentuk-bentuk longsor, dan memetakan daerah-daerah di sekitar Kabupaten Bogor yang berpotensi terjadinya longsor. Metode yang digunakan pada penelitian ini afdalah

dengan analisis data statistika, dan analisis data spasial. Variabel yang digunakan adalah panjang lereng, kemiringan lereng, tipe penggunaan lahan, kerapatan vegetasi, dan formasi geologi. Hasil penelitian ini adalah mendapatkan 2 jenis tipe longsor yaitu longsor rotasi dan longsor translasi, dan mengetahui faktor utama penyebab longsor adalah kemiringan lereng, tipe penggunaan lahan dan tingkat kerapatan vegetasi

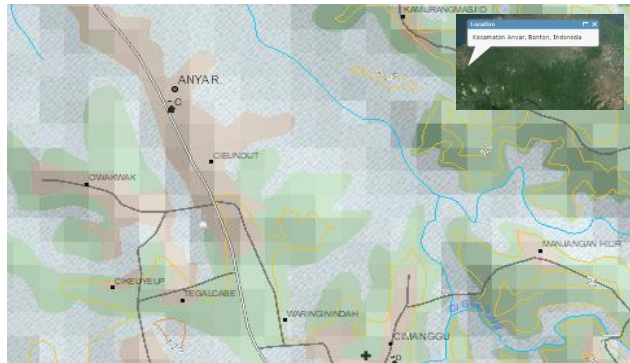
- Ahmad Danil Effendi (2008) melakukan penelitian berjudul “ Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor-faktor Utama Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Kabupaten Bogor “. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran lokasi dan karakter pola kejadian longsor serta menentukan faktor penyebab longsor. Metode yang digunakan adalah SIG dengan variabel penelitian berupa jenis tanah, tekstur tanah, kepekaan erosi, ketebalan tanah, tutupan vegetasi, infrastruktur, kemiringan lereng, bentang lahan, geologi, curah hujan, dan kejadian longsor sebelumnya. Hasil penelitian ini adalah sebaran lokasi longsor dan faktor-faktor penyebab longsor.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah wilayah administratif Desa Kosambironyok, Kecamatan Anyar, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Kecamatan ini terletak pada koordinat 105° 56' BT dan 6° 3' LS.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Sumber : RBI Skala 1 : 25.000

Batas administrasi Kecamatan Anyar, adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kota Cilegon
Sebelah Selatan : Kabupaten Serang
Sebelah Barat : Kecamatan Cilegon
Sebelah Timur : Laut Jawa

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data utama dan pendukung dalam penelitian ini adalah :

1. Mosaik ortofoto dari data citra foto udara daerah Kecamatan Anyar, Kabupaten Serang, Banten sebanyak 877 foto
2. Peta Tutupan Lahan RBI Skala 1:25.000
3. *Ground truth* sebanyak 11 titik
4. *Digital Elevation Model* (DEM) pada daerah penelitian.



Gambar 3. 2 Contoh citra foto udara



Gambar 3. 3 Contoh *ground truth*

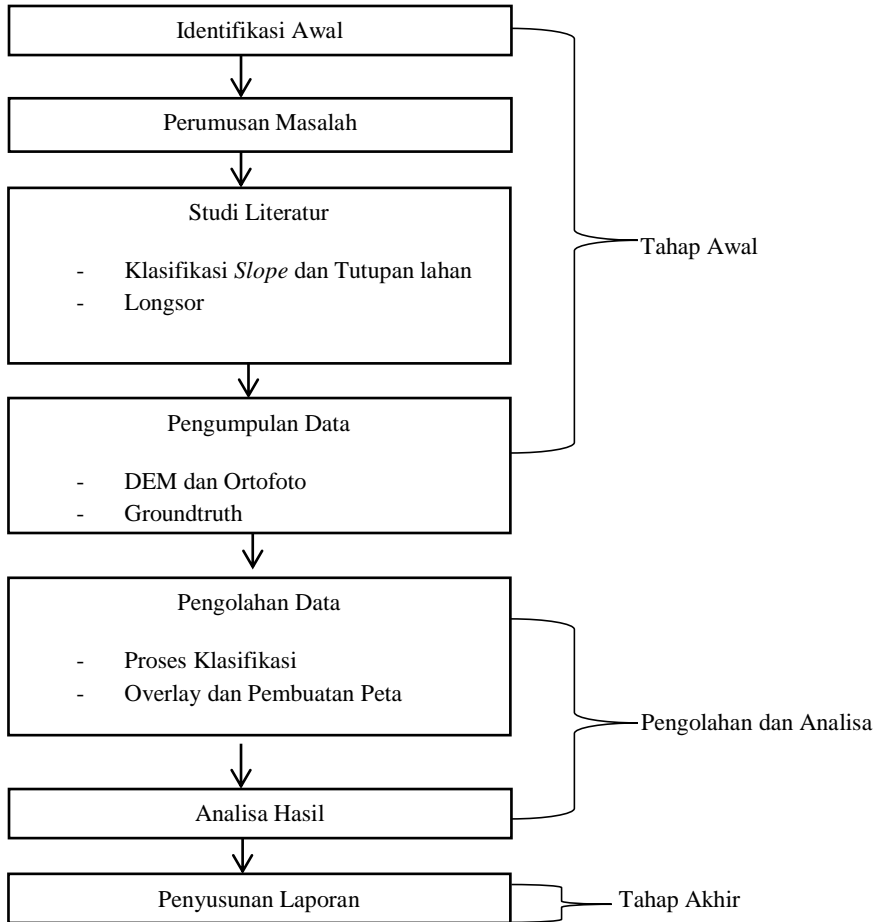
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Perangkat keras
 - Laptop ASUS A455L
 - Printer HP Deskjet 1515
 - GPS navigasi Garmin GPS60i
- Perangkat lunak
 - Software Pengolah Citra
 - *ArcMap 10.3* untuk klasifikasi kemiringan lereng dan tutupan lahan dan untuk overlay peta
 - *Microsoft Office 2013* untuk pengolahan data dan pembuatan laporan

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Penjelasan diagram alir di atas adalah :

a. Identifikasi Awal

Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam penelitian ini. Permasalahan daerah yang akan diteliti dan metode yang digunakan akan dikaji secara lengkap

b. Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan lokasi daerah rawan longsor dengan data foto udara yang akan diproses menjadi Digital Elevation Model dan Peta Tutupan lahan

c. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan referensi tentang klasifikasi *slope* dan tutupan lahan serta skoring untuk penentuan kelas longsor

d. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ialah tahapan yang dilakukan dimana data – data terkait yang dibutuhkan untuk melakukan pemetaan daerah rawan longsor. Dalam hal ini, data yang dibutuhkan meliputi DEM, Ortofoto, dan *Groundtruth*

e. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan klasifikasi pada DEM dan Ortofoto. Setelah itu dilakukan proses pembuatan Peta Kemiringan Lereng dan Peta Tutupan lahan dan melakukan overlay pada kedua peta parameter untuk penentuan kelas kerawanan

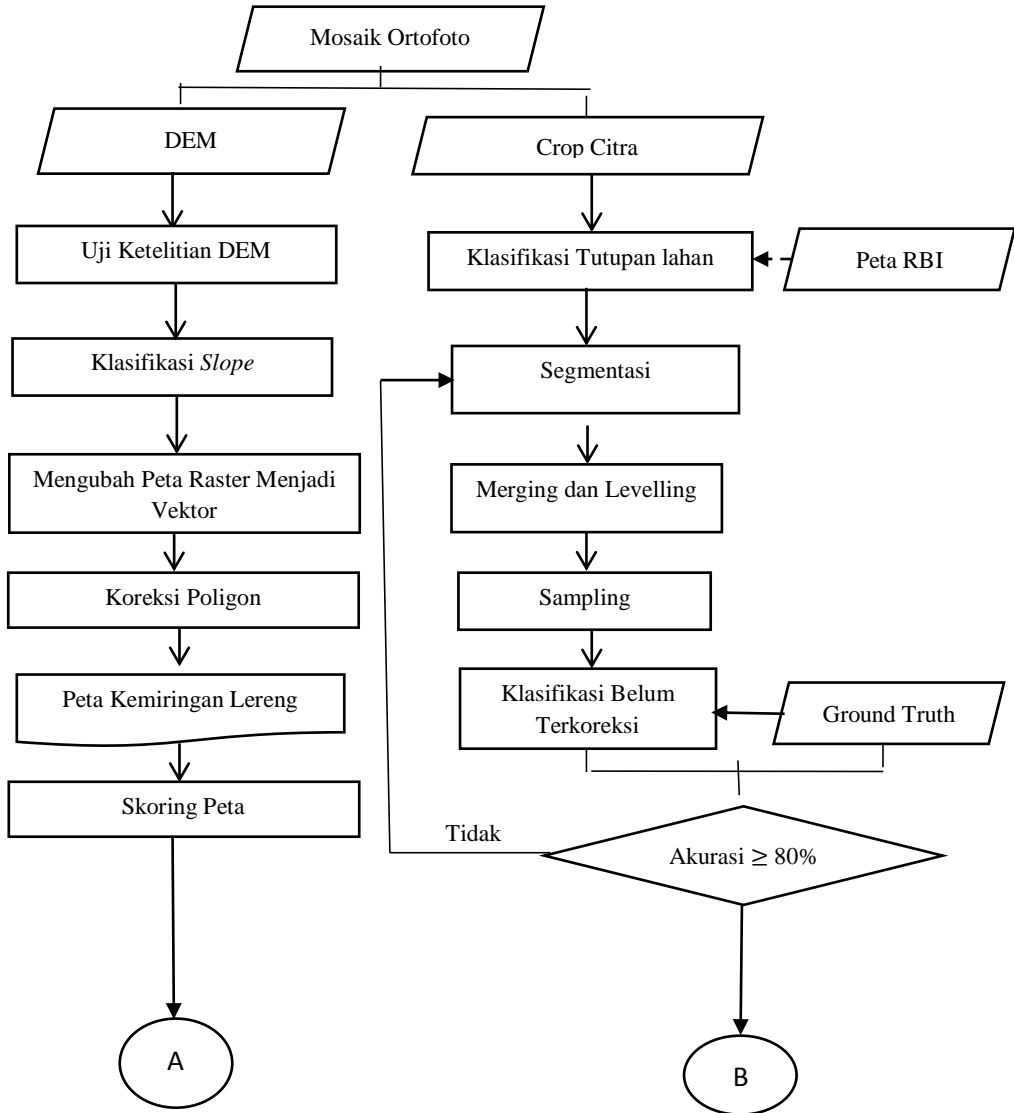
f. Hasil dan Analisa

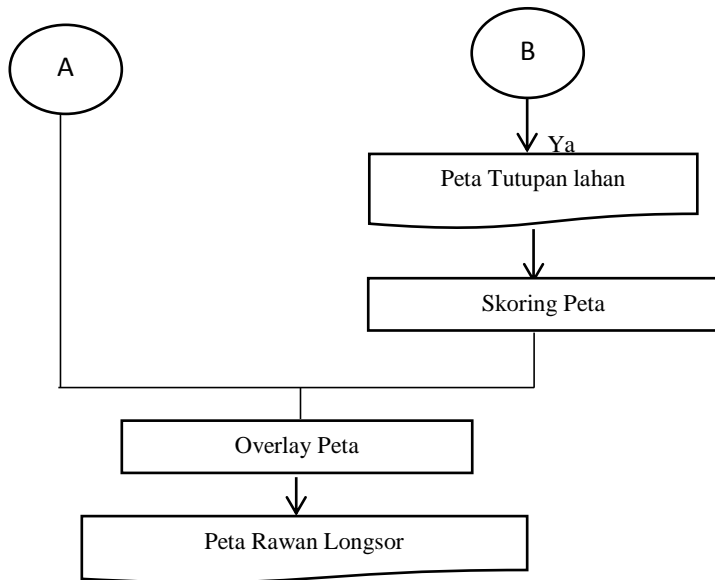
Pada tahapan ini dilakukan analisa tingkat presisi DEM dan Ortofoto. Dan nilai akurasi Peta Tutupan lahan yang dilakukan secara otomatis dan manual.

g. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir ini pekerjaan yang dilakukan adalah pembuatan laporan Tugas Akhir sebagai dokumentasi pelaksanaan penelitian ini

3.3.2 Tahapan Pengolahan Data





Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengolahan Data

Penjelasan diagram alir di atas adalah :

1. DEM dan Ortofoto

Hasil mosaik foto udara akan diproses lagi untuk menghasilkan DEM dan Ortofoto, DEM dan Ortofoto yang dihasilkan akan digunakan untuk proses klasifikasi. DEM digunakan untuk klasifikasi kemiringan lereng (*slope*) dan ortofoto digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan

2. Klasifikasi *Slope*

Pada proses klasifikasi *slope* tahapan dimulai dari mengklasifikasikan kriteria *slope* sesuai referensi yang digunakan. Setelah itu, peta raster hasil klasifikasi diubah menjadi peta vektor untuk proses koreksi. Koreksi yang dilakukan meliputi proses reduksi poligon dan penghalusan poligon. Pada proses klasifikasi *slope*, daerah penelitian dibagi ke dalam 5 kelas yaitu datar-landai, agak miring,

miring, terjal, dan sangat terjal. Hasil klasifikasi akan menghasilkan peta kemiringan lereng

3. Klasifikasi Tutupan lahan

Klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing yaitu *object based classification*. Dalam penentuan kelas klasifikasi berdasarkan acuan Peta RBI Skala 1 : 25.000 oleh Bakosurtanal. Sebagai kontrol klasifikasi digunakan verifikasi lapangan (*ground truth*). Klasifikasi dianggap benar apabila akurasi antara klasifikasi dan *ground truth* $\geq 80\%$. Hasil dari klasifikasi ini adalah Peta Tutupan lahan

4. Overlay dan Skoring

Kedua peta parameter akan dioverlay di mana seluruh atribut sudah memiliki skor yang sesuai. Di mana setelah proses overlay selesai, kelas kerawanan daerah penelitian dapat ditentukan.

5. Peta Daerah Rawan Longsor

Hasil akhir dari penelitian ini adalah Peta Rawan Longsor yang memuat daerah-daerah yang berpotensi terjadinya longsor pada daerah penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

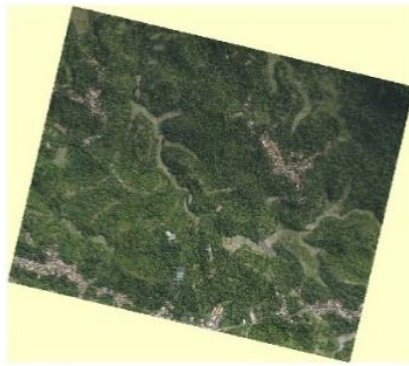
4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Mosaik Ortofoto

Hasil mosaik foto udara yang berjumlah 877 foto mempunyai panjang fokus 5mm dan tinggi terbang rata-rata 335.826 m. Luas area pada Ortofoto yang dihasilkan 5,946 km². Resolusi sebesar 1.63696 m/pix. Dari ortofoto yang dihasilkan tutupan lahan yang didapatkan berdasarkan hasil interpretasi manual adalah Perkebunan, sawah, pemukiman, tambang pasir, dan jalan.



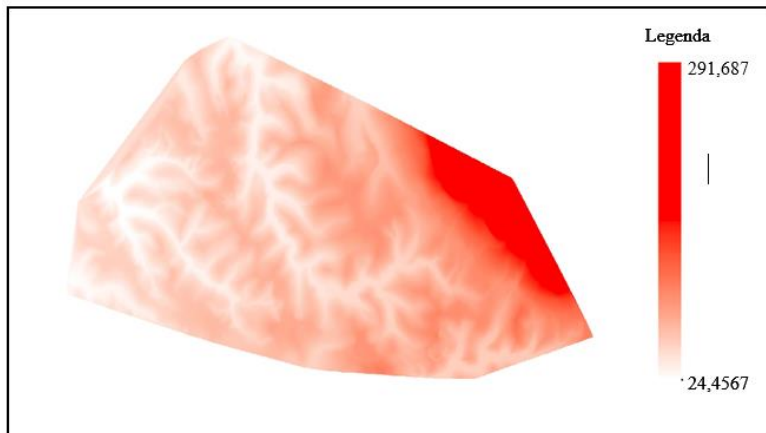
Gambar 4. 1 Hasil Mosaik Ortofoto



Gambar 4. 2 Hasil Crop Mosaik Ortofoto

4.1.2 Hasil DEM

Dari DEM yang dihasilkan , titik terendah sebesar 24,5 m dan titik tertinggi sebesar 291,7 m.



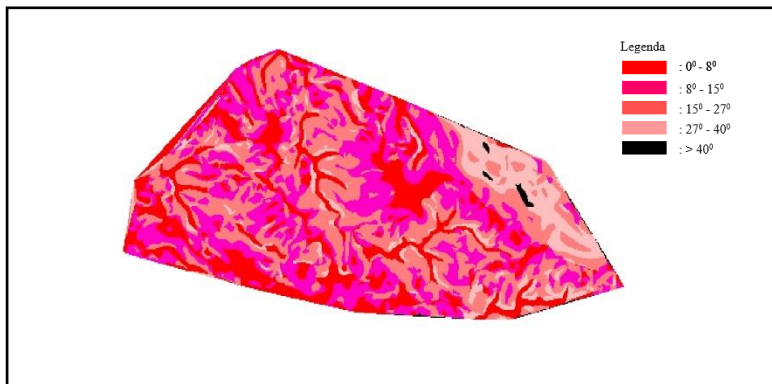
Gambar 4. 3 DEM

4.1.3 Hasil Klasifikasi Slope

Kemiringan lereng di wilayah penelitian dibuat berdasarkan DEM yang dihasilkan dari mosaiking foto udara. Menurut (Sulistiarto, 2010) kelas kemiringan lereng dapat dibagi ke dalam kelas berdasarkan besar derajat kemiringannya seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1. Luas kemiringan lereng tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Luas Kemiringan Lereng

<i>No</i>	<i>Kemiringan ($^{\circ}$)</i>	<i>Luas (m^2)</i>	<i>Persentase (%)</i>
1	0 – 8	932876,5	22,9
2	8 – 15	1269742,4	31,2
3	15 – 27	1406504,4	34,5
4	27 – 40	433133,8	10,6
5	> 40	23566,5	0,5

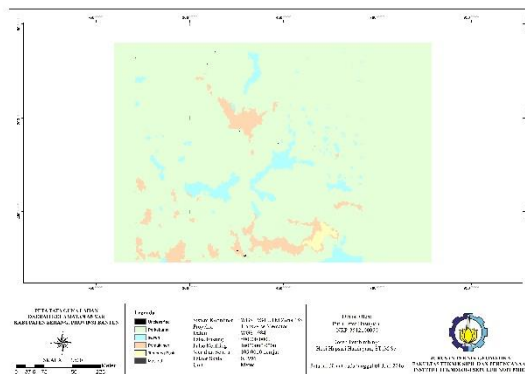


Gambar 4. 4 Peta Kemiringan Lereng

4.1.4 Hasil Klasifikasi Tutupan lahan

Untuk menentukan jenis tutupan lahan untuk proses klasifikasi, digunakan Peta RBI Skala 1 : 25.000 dan melakukan verifikasi langsung ke lapangan. Titik-titik hasil verifikasi lapangan akan dioverlaykan dengan hasil klasifikasi untuk mendapatkan akurasi klasifikasi

Luas tutupan lahan pada daerah penelitian diperoleh dari hasil klasifikasi ortophoto dengan metode klasifikasi berbasis objek. Untuk membuat Peta Klasifikasi Lahan digunakan nilai scale level 40 dan merging 95. Dalam menentukan klasifikasi tutupan lahan digunakan Peta RBI Skala 1 : 50.000 oleh Bakosurtanal tahun 2014 dengan beberapa modifikasi karena adanya perubahan penggunaan lahan berdasarkan citra foto udara dan ground truth.



Gambar 4. 5 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Luas tutupan lahan tiap kelas klasifikasi dapat dilihat pada tabel di di bawah ini :

Tabel 4. 2 Luas Klasifikasi Tutupan lahan

<i>No</i>	<i>Tutupan Lahan</i>	<i>Luas (m²)</i>	<i>Persentase</i>
<i>1</i>	Perkebunan	363.411	59,6 %
<i>2</i>	Pemukiman	161.681	26,5 %
<i>3</i>	Sawah	66.211	10,8 %
<i>4</i>	Tambang	18. 443	3,0 %

Penggunaan lahan adalah wujud dari berbagai aktivitas manusia, seperti pemukiman, perkebunan, dan sawah yang merupakan fungsi dari kemiringan lereng. Pada lereng yang sering terjadi longsor ditemukan adanya sawah, perkebunan yang berada pada lereng yang terjal. Hal ini disebabkan karena sawah berpotensi untuk meresapkan air ke dalam lereng. Aktivitas semacam inilah yang mempunyai pengaruh besar terhadap gerakan tanah (Dinas ESDM Prop, Jatim, 2007). Menurut (Sulistiarto, 2010) skoring tutupan lahan dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Skoring Penggunaan Lahan

<i>No</i>	<i>Tutupan Lahan</i>	<i>Nilai</i>
<i>1</i>	Sungai, Danau, Waduk	1
<i>2</i>	Hutan	2
<i>3</i>	Perkebunan	3
<i>4</i>	Pemukiman, Sawah	4
<i>5</i>	Lahan Terbuka	5

4.1.5 Hasil Peta Kerawanan Longsor

Berdasarkan hasil overlay peta parameter, didapatkan interval kelas kerawanan daerah penelitian adalah sebagai berikut :

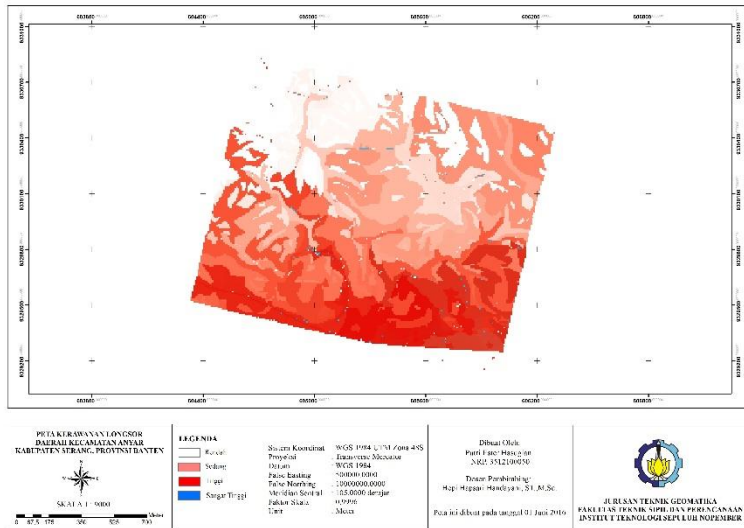
$$\text{Interval kelas} = \frac{210-50}{5} = 32$$

Tabel 4. 4 Interval Kelas

No	Interval Kelas	Deskripsi Kelas	Harkat
1	50 – 82	Sangat Rendah	1
2	82 - 114	Rendah	2
3	114 - 146	Sedang	3
4	146 - 178	Tinggi	4
5	178 - 210	Sangat Tinggi	5

Tabel 4. 5 Luas Tiap Kelas Kerawanan

No	Kelas Rawan	Luas (m^2)	Persentase
1	Sangat Rendah	26.289	2,2 %
2	Rendah	317.431	26,3 %
3	Sedang	700.384	58 %
4	Tinggi	163.382	13,5 %
5	Sangat Tinggi	269	0.02%



Gambar 4. 6 Peta Kerawanan Longsor

4.2 Analisa

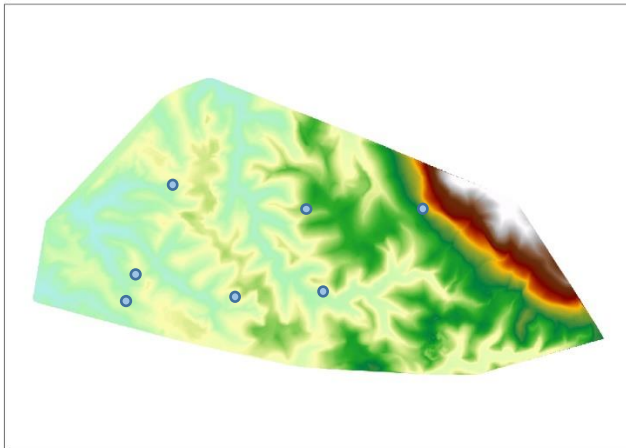
4.2.1 Analisa Ortofoto

Berdasarkan hasil interpretasi ortofoto dengan Peta RBI skala 1:25.000 tahun 2014, perubahan yang signifikan pada daerah penelitian tahun 2015 adalah adanya tambang pasir pada daerah penelitian. Pada tahun 2014 tidak terdapat tambang pasir pada daerah penelitian dan pada tahun 2015 terdapat tambang pasir.

4.2.2 Analisa DEM

Untuk melakukan koreksi pada DEM yang dihasilkan menggunakan 7 titik ICP dengan distribusi titik ditunjukkan pada Gambar 4.7. Ketinggian titik pada DEM akan dibandingkan dengan ketinggian titik yang ada pada peta RBI skala 1:50.000. Semua titik ICP mempunyai perbedaan ketinggian < 1 m. Oleh sebab itu, DEM sudah dianggap benar.

Gambar 4.7 dan tabel 4.6 menunjukkan persebaran titik ICP yang digunakan untuk melakukan uji DEM



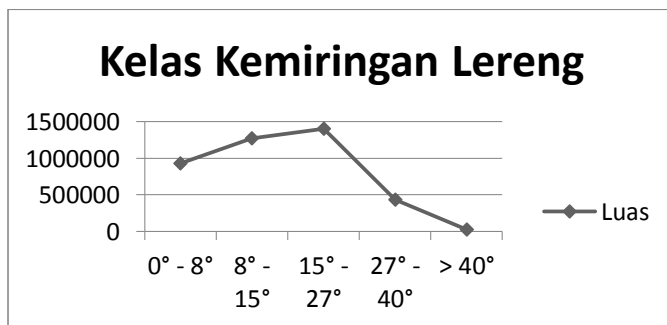
Gambar 4. 7 Distribusi Titik ICP

Tabel 4. 6 Distribusi Titik ICP

Koordinat	Tinggi ICP	Tinggi DEM
606331,88 ; 9329566,611	100 m	99,4 m
605873,504 ; 9329544,783	25 m	24,4 m
606320,907 ; 9330261, 451	225 m	224,4 m
606142, 709 ; 9330268, 727	175 m	174, 4 m
604796, 684 ; 9330425, 157	75 m	74,4 m
606724, 774 ; 9329566,611	125 m	124,4 m
604782, 133 ; 9330617, 966	100 m	99, 4 m

4.2.3 Analisa Klasifikasi Slope

Pada proses klasifikasi kemiringan lereng dilakukan scoring pada daerah penelitian. Pemberian skor pada peta berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan (Sulistiarto, 2010). Dari hasil scoring kemiringan lereng, daerah yang paling dominan adalah daerah miring seluas 1406504,4 m² dengan persentase 34,5%



Gambar 4. 8 Grafik Kemiringan Lereng

4.2.4 Analisa Segmentasi

Segmentasi dilakukan untuk membagi suatu objek pada citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kesamaan antara tingkat keabuan suatu piksel dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya, maka pada area yang lebih gelap, objek tersegmentasi lebih general dibandingkan objek lain dengan pencahayaan yang cukup, meskipun dengan menggunakan nilai parameter yang sama. Semakin besar skala, maka objek akan semakin tergeneralisasi. Pada penelitian kali ini parameter segmentasi 35 dinilai memberikan hasil klasifikasi terbaik

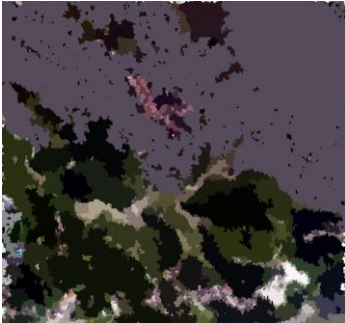
4.2.5 Analisa Merging

Merging dapat berjalan dalam berbagai skala level (0-100) dalam satuan piksel. Semakin besar skala, maka objek akan semakin tergeneralisasi. Dan sebaliknya, semakin kecil skala maka pada satu objek dapat terklasifikasi menjadi beberapa objek. Pada penelitian kali ini parameter merging 90 dinilai memberikan hasil klasifikasi terbaik.

Tabel 4.7 menunjukkan perbedaan parameter segmentasi untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan

Tabel 4. 7 Parameter Klasifikasi

Segmentasi	Merging	Keterangan
35	90	Gambar a
40	95	Gambar b



Gambar a



Gambar b

Gambar 4. 9 *Region margins* hasil klasifikasi

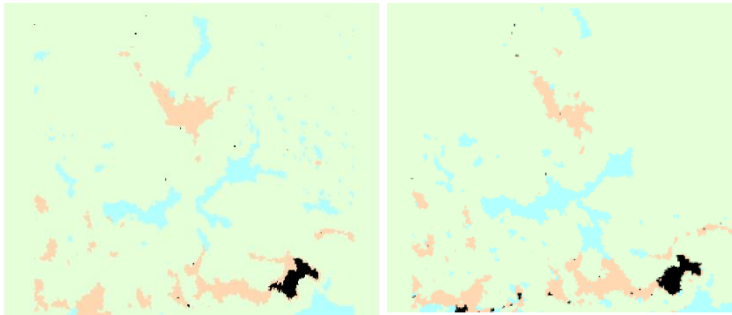
4.2.6 Analisa Sampling

Pada penelitian ini dilakukan 2 kali percobaan, dengan jumlah kelas yang sama. Dan didapati bahwa semakin banyak/terlalu detail dalam mengklasifikasikan kelas, maka hasil klasifikasi semakin baik. Jumlah kelas pada penelitian ini adalah empat kelas, yaitu perkebunan, pemukiman, sawah, dan tambang.

Tabel 4.8 menunjukkan total sample area yang digunakan untuk melakukan klasifikasi.

Tabel 4. 8 Total sampel tiap kelas

Perkebunan	Sawah	Pemukiman	Tambang Pasir	Keterangan
57	22	57	22	Gambar a
169	69	102	22	Gambar b



Gambar a

Gambar b

Gambar 4. 10 Hasil Klasifikasi Berdasarkan *Sampling*

4.2.4 Analisa Klasifikasi Tutupan lahan

Uji klasifikasi dilakukan untuk mengetahui ketelitian hasil klasifikasi. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk uji klasifikasi adalah dengan verifikasi lapangan (*ground truth*) sebanyak 11 titik. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh ketelitian keseluruhan hasil klasifikasi adalah 90,9%.

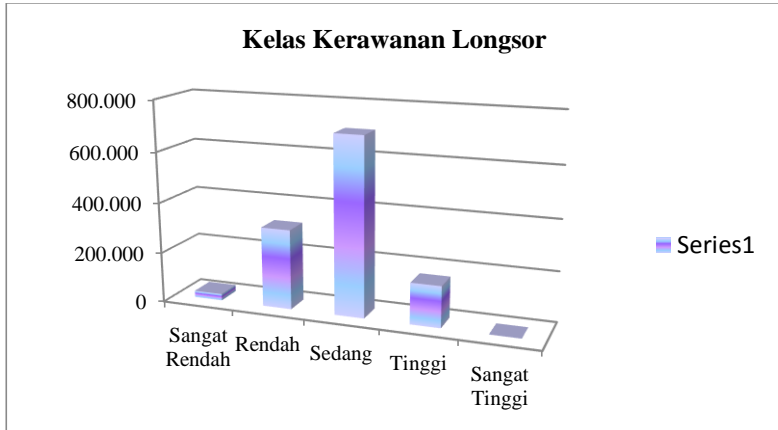
Akurasi lebih besar dari 80% sehingga klasifikasi sudah dianggap benar karena sudah masuk toleransi.

Tabel 4. 9 Distribusi *Ground Truth*

Koordinat	Klasifikasi	<i>Ground Truth</i>
605595,024 ; 9330180, 343	Pemukiman	Pemukiman
605811, 454 ; 9330112,61	Pemukiman	Pemukiman
605367, 297 ; 9329376, 352	Pemukiman	Pemukiman
606072, 821 ; 9329399, 007	Tambang Pasir	Tambang Pasir
606116, 477 ; 9329456, 554	Tambang Pasir	Tambang Pasir
606179, 812 ; 9329577, 833	Perkebunan	Perkebunan
605868, 441 ; 9329425, 653	Perkebunan	Perkebunan
605704, 928, 9329365, 804	Perkebunan	Perkebunan
604831, 146 ; 9329078, 119	Perkebunan	Sawah
606208, 563 ; 9329310, 969	Sawah	Sawah
605715, 385 ; 9330244, 856	Sawah	Sawah

4.2.5 Analisa Kerawanan Bencana

Dari hasil overlay peta didapatkan bahwa kelas kerawanan daerah penelitian tergolong sedang dengan luas daerah kerawanan seluas 700.384 m² . Daerah kerawanan tersempit adalah daerah dengan tingkat kerawanan sangat tinggi yaitu seluas 269 m²



Gambar 4. 11 Grafik Kemiringan Longsor

4.2.6 Validasi Kerawanan Bencana

Berdasarkan peta yang dikeluarkan oleh BNPB pada tahun 2013, Kecamatan Anyar termasuk kategori 6 se-provinsi Banten dalam resiko longsor dengan kelas kerawanan sedang. Dari hasil Peta Kerawanan Longsor yang telah dibuat juga menempatkan Kecamatan Anyar di kelas kerawanan yang tergolong sedang dalam resiko bencana longsor dengan presentasi 58% . Oleh sebab itu, Peta Kerawanan Longsor dianggap sudah benar.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Peta kemiringan lereng dibagi ke dalam 5 kelas yaitu kelas datar-landai, agak miing, miring, sangat miring, terjal-sangat terjal dengan daerah terluas adalah daerah miring dengan persentase 34,5%. Pada peta tutupan lahan kelas dibagi ke dalam 4 kelas yaitu perkebunan, sawah, pemukiman, dan tambang. Kelas terluas adalah kelas perkebunan dengan persentase 59,6 %. Untuk akurasi DEM digunakan 7 titik ICP dengan ketelitian setiap titik < 1 m.
2. Pada peta rawan longsor dibagi ke dalam 5 kelas yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Pada daerah penelitian didominasi oleh daerah kerawanan sedang dengan persentase 58%
3. Pada peta rawan longsor daerah dengan tingkat kerawanan tinggi terdapat di bagian Desa Kosambironyok sedangkan daerah sedang pada bagian tengah Desa Kosambironyok. Dan daerah rendah sampai sangat rendah berada pada bagian utara Desa Kosambironyok,

5.2 Saran

1. Tingkat potensi longsor pada daerah penelitian adalah tidak rawan sampai sangat rawan, maka hal itu dapat dijadikan pertimbangan pada pembangunan daerah tersebut.
2. Penelitian dilakukan dengan parameter lain seperti jenis tanah, curah hujan, kedalaman tanah, dan jenis batuan.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

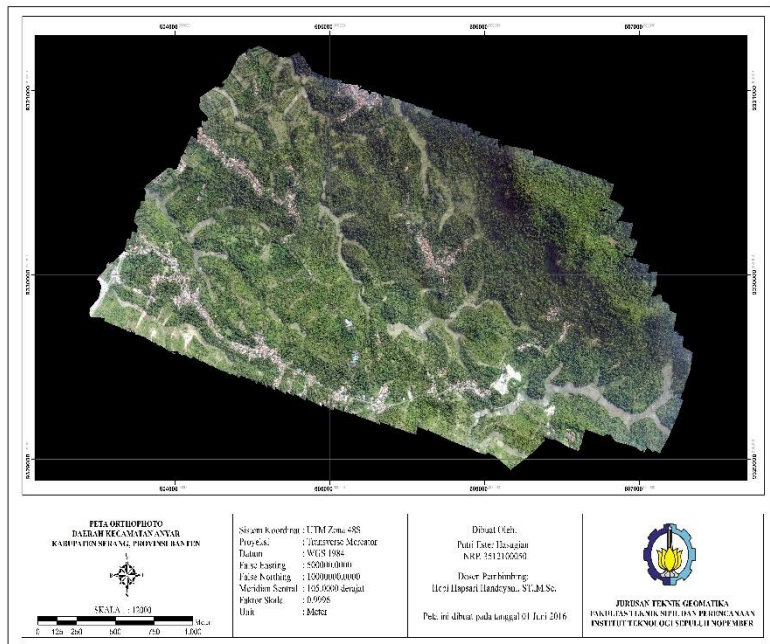
- Atkinson, K. (1996). *Close Range Photogrammetry and Machion Vision*. Scotland: Whittles Publishing.
- Darsoatmojo, A., & Soedradjat, G. M. (2002). *Bencana Tanah Longsor Tahun 2001. Year Book Mitigasi Bencana Tahun 2001*.
- Deslatama, Y. (2015). *Banjir Melanda 3 Kabupaten di Banten dan Longsor di Serang. Serang: Liputan 6*.
- Effendi, F. (2000). *Close Range Photogrammetry untuk Pemantuan Deformasi*. Bandung: Departemen Teknik Geodesi ITB.
- Fraser, C. (1997). *Digital Camera Self-Calibration*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52 (4) : 149-159.
- Fryer, J. (1989). *Camera clibration in Non Topographic Photogrammetry*. *ASPRS*, 59-69.
- Hanifa, N. (2007). *Studi Penggunaan Kamera Digital Low-Cost Non-Metric Auto Focus Untuk Pemantauan Deformasi*. Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.
- Indarto., & Faisol. (2009). *Identifikasi Dan Klasifikasi Peruntukan Lahan Menggunakan Citra ASTER*. *Media Teknik Sipil Volume IX, Manokwaro, 1*
- Julzarika, A., Kustiyo, & Harsanugraha, W. K. (2008). *Teknik Penurunan Digital Surface Model (DSM) dari Citra Satelit ALOS Menjadi Digital Elevation Model (DEM)*. (Studi Kasus : Cilacap, Indonesia)). *PIT MAPIN XVII, Bandung, 1*.
- Karnawati, D. (2001). *Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi)*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

- Lillesand, T., & Kiefer, R. (1993). Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Terjemahan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.*
- Maulina, F. (2007, 09 00). Evaluasi Kinerja Jaringan Jalan Kabupaten Di Wilayah Kabupaten Serang. Dipetik 12 30, 2015, dari Digital Library ITB: <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/555/jbptitbpp-gdl-febriyanti-27730-5-2007ts-4.pdf>*
- Purnomo, N. H. (2008). Kerawanan Longsor Lahan di Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto. Jurnal Geografi Volume 7, Nomor 14, Desember 2008 : 1036 - 1049, 15 - 17.*
- Sulistiarto, B. & Cahyono, A. B., 2010. Studi Tentang Identifikasi Longsor Dengan Menggunakan Citra Landsat dan Aster (Studi Kasus : Kabupaten Jember). p. 4.*
- Suripin. (2002). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Andi.*
- Wigrata, H. (1986). Kalibrasi Besar-besaran Panjang Fokus dan Distorsi Lensa pada Kamera Non-Metrik. Bandung: Departemen Teknik Geodesi ITB.*
- Wolf P R, D. (2000). Elements of Photogrammetry with Application in GIS. New Yorl USA: McGraw-Hill Book Company.*
- Wolf, P. R. (1993). Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh Edisi Kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.*

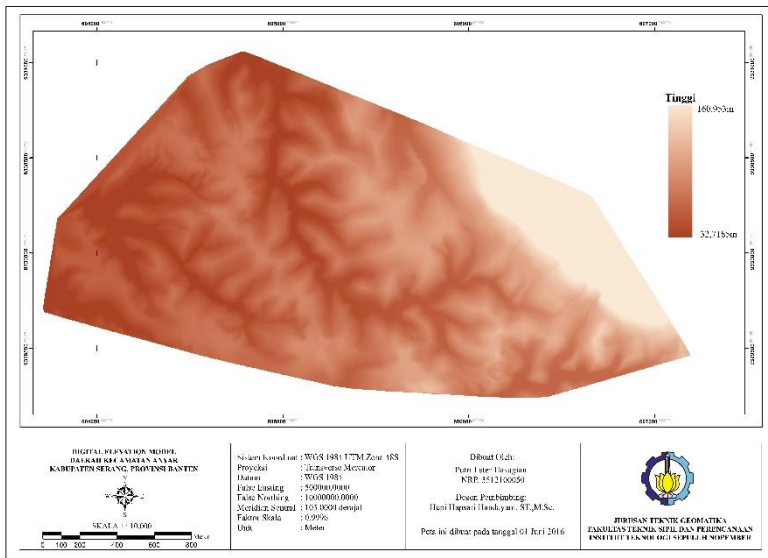
LAMPIRAN

CD = Terlampir

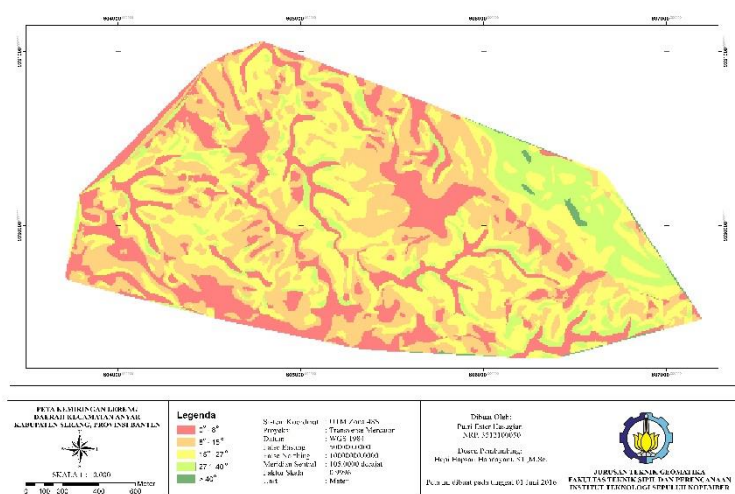
Ortofoto



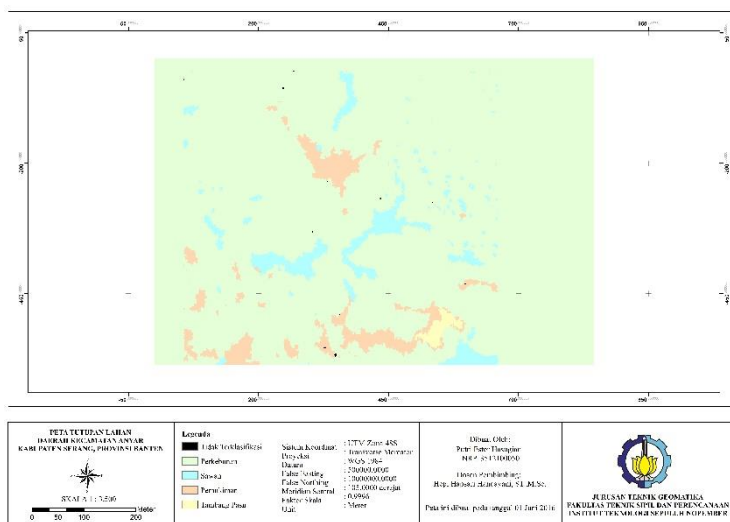
DEM



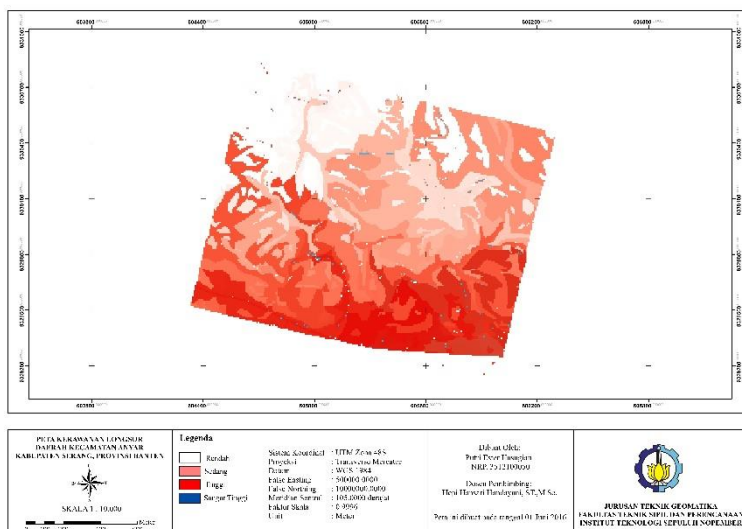
Peta Kemiringan Lereng



Peta Tutupan lahan



Peta Kerawanan Longsor



“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pematangsiantar, 30 Januari 1995, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Santa Lusia, SD RK Cinta Rakyat 4 Pematangsiantar, kemudian melanjutkan ke SMP Cinta Rakyat 1 Pematangsiantar dan SMAN 2 Pematangsiantar. melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SNMPTN jalur tertulis dan diterima di Teknik Geomatika – FTSP, ITS pada tahun 2012 terdaftar dengan NRP 3512 100 050. Selama kuliah di Teknik Geomatika penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan kampus dan kepanitiaan. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT.Zona Spasial untuk membuat Digital Terrain Model. Di akhir tahun 2015, penulis menjadi salah satu tim peneliti dosen Teknik Geomatika yaitu Ibu Hepi Hapsari H, S.T, M.Sc. Di akhir masa studi sarjananya penulis melakukan sebuah penelitian dengan judul “STUDI IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN PARAMETER *SLOPE* DAN TUTUPAN LAHAN”.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”